19 18

I.

Der bewegungvermittelnde Vorgang im Nerven kann auch von einer positiven Schwankung des Nervenstroms begleitet sein.

Von

Jac. Moleschott.

Als ich vorigen Sommer die von Matteucci empfohlene und von Du Bois-Reymond erprobte unpolarisirbare Zuleitungsvorrichtung zur Untersuchung der elektrischen Eigenschaften thierischer Gewebe am Multiplicator hergerichtet hatte [1]), um die wichtigsten von dem letztgenannten Forscher entdeckten Thatsachen in der Züricher naturforschenden Gesellschaft vorzuweisen, fiel mir während der Vorbereitung der Versuche eine Erscheinung auf, die ich bis dahin nicht gesehen und auch nirgends beschrieben gefunden hatte. Um Material zu sparen, suchte ich nämlich an meinen Probenerven (Ischiadici des Frosches) die negative Schwankung hervorzurufen, nachdem ich vorher die Veränderungen im elektrotonischen Zustande an denselben Nerven beobachtet hatte. Da stellte sich nun wiederholt heraus, dass dieselbe Reizung, die sonst regelmässig eine gute negative Schwankung ergab, zu einer positiven Schwankung führte. Obgleich dieses Ergebniss sich mehrfach wiederholte, blieb ich doch damals im Zweifel, ob es sich hier um eine unregelmässige Erscheinung handelte, die vielleicht auf Rechnung des Absterbens zu schreiben war, oder um eine

[1]) Vrgl. den VII. Bd. dieser Zeitschrift, S. 121. und. folg.

Nachwirkung des elektrotonischen Zustandes, die sich auch an frischen Nerven mit Sicherheit erzeugen liesse. Ich beschloss daher bei erster Gelegenheit dem Sachverhalt näher nachzuspüren, was im Laufe des vergangenen Winters geschah, mit dem Erfolg, dass ich in dieser Mittheilung den Satz beweisen kann, der die Aufschrift meiner Abhandlung bildet.

Zunächst ergab sich, dass nur dann eine positive Schwankung entstand, wenn der Zuwachs im elektrotonischen Zustande verhältnissmässig bedeutend war, und letzterer wurde vorzugsweise durch die Anwendung schwächerer Ströme erzielt. Die nachfolgende Tabelle liefert hierfür deutliche Belege. Die Nebenschliessung wurde mit Hülfe des Siemens-Halske'schen Rheostaten angebracht, den ich in meinen „Untersuchungen über den Einfluss der Vagus-Reizung auf die Häufigkeit des Herzschlags" beschrieben habe [1]). Die Zuleitungsvorrichtung behufs der Untersuchung am Multiplicator war ganz die durch Du Bois-Reymond in Schwang gebrachte, nur dass die Kochsalzlösung durch eine gesättigte Auflösung von schwefelsaurem Zinkoxyd und die bekleideten Platinplatten durch amalgamirte Zinkbleche, nach der Vorschrift von Matteucci und Du Bois-Reymond, ersetzt waren. Der Abstand zwischen der abgeleiteten und der erregten Strecke war in allen diesen Versuchen möglichst klein. Als stromzuführender Apparat wurde Du Bois-Reymond's Halter mit den Platinschaufeln benützt. Der Elektrotonus dauerte nicht länger als nöthig war, um die erste Ablenkung der Nadel, durch welche sich sein Zustandekommen verrieth, in ihrem ganzen Umfang beobachten zu können. Ebenso wurde es bei der Reizung mit Wechselströmen gehalten. Wegen der Bezeichnung des Rollenabstandes ist S. 406 meiner oben citirten Abhandlung zu vergleichen.

Das Versuchsthier war eine *Rana temporaria*, das Versuchsobject ein *Nervus ischiadicus* des Thieres, und es war allemal das peripherische Ende des Nerven, welches den Bäuschen auflag.

Der Thontrog des Daniell'schen Elements war mit einer Mischung

---

1) Bd. VII. dieser Zeitschrift, S. 404—406.

von 10 Raumtheilen concentrirter Schwefelsäure und 90 Raumtheilen destillirten Wassers geladen, die ich früher kurzweg als 10procentige Schwefelsäure bezeichnet habe.

Tabelle I.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11 h 54′				Ruhe	16°	8°		
2		1 Daniell		1000 M.	Elektrotonus			+ 56°	+ 48°
3					Ruhe		6°		
4	„ 57′	„		„	Elektrotonus			— 43°	— 49°
5	12 h.				Ruhe		6°		
6		1 Grove	—8½C.M.	„	Reizung durch Wechselströme			+ 18°	+ 12°!
7	„ 3′				Ruhe		6°		
8		1 Daniell		„	Elektrotonus			+ 42°	+ 36°
9	„ 5′				Ruhe		4°		
10		„		„	Elektrotonus			— 25°	— 29°
11	„ 7′				Ruhe		6°		
12		1 Grove	„	„	Reizung durch Wechselströme			+ 11°	+ 5°!
13	„ 10′				Ruhe		4°		
14		1 Daniell		„	Elektrotonus			+ 38°	+ 34°
15	„ 12′				Ruhe		3°		
16		„		„	Elektrotonus			— 18°	— 21°
17	„ 15′				Ruhe		4°		
18		1 Grove	„	„	Reizung durch Wechselströme			+ 10°	+ 6°!

Wie die Tabelle ausweist, wurde in der abgeleiteten Nervenstrecke jedesmal erst die positive und dann die negative Phase des Elektrotonus hervorgerufen, bevor mit Wechselströmen gereizt ward. Dies waren nämlich die Umstände, unter welchen ich im Sommer des Jahres 1860 die positive Schwankung zuerst beobachtet hatte. Der Zuwachs im elektrotonischen Zustande war in jedem Versuche ein recht bedeutender, zumal wenn man berücksichtigt, dass die constante Ablenkung, welche der Strom des ruhenden Nerven am Multiplicator hervor-

brachte, verhältnissmässig klein war. Die positive Schwankung bei der Reizung durch Wechselströme betrug 12 bis 5°.

Nicht gleich von Anfang wurde die richtige Stärke der Ströme getroffen, durch welche der Elektrotonus erzeugt ward. Erst als ich das Princip der Nebenschliessung anwandte, um die polarisirenden constanten Ströme zu schwächen, lernte ich die positive Schwankung mit Sicherheit erzeugen. Die folgenden Tabellen können als Beispiele dafür dienen, dass auf die Erzeugung eines kleineren Zuwachses im elektrotonischen Zustande nicht positive, sondern negative Schwankung folgt. Die Bedingungen, unter welchen die Versuche angestellt wurden, waren, sofern nicht ausdrücklich Anderes in den Tabellen angegeben ist, dieselben wie bei den in Tabelle I eingetragenen Beobachtungen (vrgl. oben S. 2).

Tabelle II.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	12 h 20′				Ruhe	18°	10°		
2		1 Daniell		1000 M.	Elektrotonus			+ 40°	+ 30°
3	„ 23′				Ruhe		10°		
4		„		„	Elektrotonus			— 36°	— 46°
5	„ 25′				Ruhe		8°		
6		1 Grove	—8½C.M.	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 11°	+ 3°!
7	„ 28′				Ruhe		6°		
8		1 Daniell		„	Elektrotonus			+ 32°	+ 26°
9	„ 30′				Ruhe		6°		
10		„		„	Elektrotonus			— 17°	— 23°
11	„ 33′				Ruhe		6½°		
12		1 Grove	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 6½°	0°
13	„ 35′				Ruhe		6°		
14		1 Daniell		„	Elektrotonus			+ 29°	+ 23°
15	„ 38′				Ruhe		6°		
16		„		„	Elektrotonus			— 14°	— 20°
17	„ 40′				Ruhe		5°		
18		1 Grove	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 1°	— 4°

Tabelle III.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11 h 20′				Ruhe	20°	10°		
2	„ 23′	1 Grove		0	Elektrotonus			+ 50°	+ 40°
3	„ 24′				Ruhe		10°		
4		„		„	Elektrotonus			— 14°	— 24°
5	„ 26′				Ruhe		8°		
6		„	—8½C.M.	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 16°	+ 8°!
7	„ 29′				Ruhe		7°		
8		„		„	Elektrotonus			+ 34°	+ 27°
9	„ 30′				Ruhe		6°		
10		„		„	Elektrotonus			— 14°	— 20°
11	„ 32′				Ruhe		5°		
12		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 2°	— 3°
13	„ 33′				Ruhe		4°		
14		„		„	Elektrotonus			+ 30°	+ 26°
15	„ 35′				Ruhe		4°		
16		„		„	Elektrotonus			— 9°	— 11°
17	„ 36′				Ruhe		4°		
18		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 2°	— 2°

Beide Tabellen (II und III) zeigen das Gemeinsame, dass nur dann die Reizung mit Wechselströmen eine positive Schwankung hervorbrachte, als der positive Zuwachs in dem zuvor erzeugten elektrotonischen Zustande 30° oder mehr betrug (siehe in beiden Tabellen Nro. 2 und Nro. 6). Dagegen besteht zwischen beiden Beobachtungen der Unterschied, dass in dem einen Fall nur 1 Daniell'sches Element bei einer Nebenschliessung von 1000 Meter (Tabelle II), in dem anderen ein Grove'sches Element ohne alle Nebenschliessung (Tabelle III) als erregende Kette gebraucht wurde. Dies beweist also, dass man die positive Schwankung bei Anwendung ziemlich verschiedener Stromstärken erzeugen kann, wenn nur der Zuwachs im elektrotonischen Zustande eine gewisse Grösse erreicht. In der Tabelle I betrug dieser Zuwachs, als das abgeleitete Nervenstück sich in

der positiven Phase befand, jedesmal mehr als 30°, jede Reizung mit Wechselströmen brachte positive Schwankung hervor, und zwar die bedeutendste als der Zuwachs im elektrotonischen Zustande am grössten gewesen war (siehe Tab. I, NN. 2, 4, 6).

Tabelle IV.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11 h 23′				Ruhe	22°	13°		
2	„ 25′	1 Grove	−8½ C.M.	1000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 10°	− 3°
3	„ 27′				Ruhe		10°		
4		1 Daniell		„	Elektrotonus			+ 22°	+ 12°
5	„ 29′				Ruhe		10°		
6		„		„	Elektrotonus			− 2°	− 12°
7	„ 30′				Ruhe		10°		
8		1 Grove	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 8°	− 2°
9	„ 37′				Ruhe	18°	9°		
10	„ 40′	1 Daniell		2000 M.	Elektrotonus			+ 36°	+ 27°
11	„ 42′				Ruhe		8°		
12		„		„	Elektrotonus			− 23°	− 31°
13	„ 45′				Ruhe		8°		
14		1 Grove	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 9½°	+ 1½°
15	„ 48′				Ruhe		6°		
16		„	„	5000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 8°	+ 2°
17	„ 51′				Ruhe		7°		
18		„	„	10000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 9°	+ 2°
19	„ 54′				Ruhe		4°		
20		1 Daniell		2000 M.	Elektrotonus			+ 22°	+ 18°
21	„ 56′				Ruhe		8°		
22		„		„	Elektrotonus			− 26°	− 34°
23	12 h 1′				Ruhe		5°		
24		1 Grove	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 15°	+ 10°!
25	„ 3′				Ruhe		3°		
26		1 Daniell		2000 M.	Elektrotonus			+ 34°	+ 31°
27	„ 6′				Ruhe		4°		

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
28		1 Daniell		2000 M.	Elektrotonus			— 26°	— 30°
29	12 h 8'				Ruhe		4		
30		1 Grove	—8½C.M.	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 6°	+ 2°

Vor der Einleitung des Elektrotonus durch schwache constante Ströme führte die Reizung mit Wechselströmen zu einer negativen Schwankung (Nr. 2). Als dann durch ein Daniell'sches Element bei einer Nebenschliessung von 1000 Meter ein elektrotonischer Zuwachs von nur ± 12° erzielt worden war (Nr. 4, 6), bewirkte die Reizung mit Wechselströmen wieder eine negative Schwankung (Nr. 8). Es wurde daher der elektrotonische Zustand durch einen etwas stärkeren polarisirenden Strom (1 Daniell'sches Element und 2000 Meter Nebenschliessung) hervorgebracht, und nun betrug der Zuwachs in der positiven Phase 27°, in der negativen 31° (Nr. 10, 12). Darauf brachte eine Reizung mit Wechselströmen, die stärker war als in Nr. 8, eine schwache positive Schwankung hervor, die durch stärkere Reizung etwas vergrössert und bedeutend grösser wurde, als nach erneuter Herstellung beider Phasen des Elektrotonus mit starken Wechselströmen gereizt wurde, unter Anwendung eines Grove'schen Elementes ohne Nebenschliessung (vrgl. Nr. 14, 16, 18 und 24). Es wurde im letzten Falle eine positive Schwankung von 10° hervorgerufen, obgleich die constante Ablenkung vor Einleitung der Wechselströme nur noch 5° betrug. Der Nerv war nun aber im fortschreitenden Absterben begriffen, so dass zwar der nochmals erzeugte Elektrotonus in der positiven Phase einen Zuwachs von 31° und in der negativen von 30° hervorbrachte, aber die positive Schwankung, welche die Reizung mit starken Wechselströmen erzeugte, betrug nur noch 2° (Nr. 26, 28, 30).

Tabelle IV bestätigt also, dass ein starker Zuwachs im elektrotonischen Zustande erfordert wird, um mittelst der Reizung durch Wech-

selströme eine positive Schwankung zu erzeugen; sie bestätigt, dass dieser Zuwachs durch verhältnissmässig schwache constante Ströme sich erzielen lässt, die aber für verschiedene Nerven eine verschiedene Stärke besitzen müssen und daher leicht für den einen Nerven ausreichen, während sie für den anderen zu stark oder zu schwach sind; die Tabelle lehrt aber weiter, dass nach Erzeugung eines hinlänglich starken Elektrotonus die grössere positive Schwankung durch stärkere Wechselströme erzeugt wird.

Eine beachtungswerthe Erfahrung, die ich im Laufe dieser Untersuchungen öfters gemacht habe, ist in Tabelle IV. NN. 19 bis 21 verzeichnet. Nachdem nämlich die abgeleitete Strecke des Nerven in die positive Phase des Elektrotonus versetzt worden war, zeigte sich der Strom des ruhenden Nerven stärker als zuvor, so dass die constante Ablenkung der Multiplicatornadel um 4^0 gewachsen war (von 4^0 auf 8^0).

Die fünfte Tabelle bezieht sich auf den anderen Ischiadicus desselben Frosches, der für die vierte Tabelle gedient hatte, und obwohl diese Tabelle nur eine einfache Bestätigung enthält der in der vorigen Tabelle verzeichneten Ergebnisse, glaube ich sie der Neuheit und Wichtigkeit des Gegenstandes zu lieb gleichfalls veröffentlichen zu müssen. Die Tabelle spricht für sich selbst, ich mache daher nur auf den Umstand aufmerksam, dass in Nr. 11 die constante Ablenkung, welche der Strom des ruhenden Nerven hervorbrachte, wieder um 3^0 höher liegt als in Nr. 9, nachdem in Nr. 10 Elektrotonus, und zwar in der den Bäuschen aufliegenden Nervenstrecke die positive Phase desselben, erzeugt worden war.

Tabelle V.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	12 h 13′				Ruhe	20^0	11^0		
2	„ 16′	1 Grove	—8½C.M.	0	Reizung mit Wechselströmen			— 7^0	— 18^0

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
3	12 h 19′				Ruhe		11^0		
4		1 Daniell		2000 M.	Elektrotonus			$+ 32^0$	$+ 21^0$
5	„ 21′				Ruhe		10^0		
6		„		„	Elektrotonus			$- 12^0$	$- 22^0$
7	„ 25′				Ruhe		10^0		
8		Grove	$-8^1/_2$C.M.	0	Reizung mit Wechselströmen			$+ 14^0$	$+ 4^0$!
9	„ 33′				Ruhe		9^0		
10		1 Daniell		9000 M.	Elektrotonus			$+ 21^0$	$+ 12^0$
11	„ 35′				Ruhe		12^0		
12		„		„	Elektrotonus			$- 1^0$	$- 13^0$
13	„ 37′				Ruhe		10^0		
14		1 Grove	„	0	Reizung mit Wechselströmen			$+ 9^0$	$- 1^0$
15	„ 40′				Ruhe		7^0		
16		1 Daniell		2500 M.	Elektrotonus			$+ 15^0$	$+ 8^0$
17	„ 41′				Ruhe		7^0		
18		„		„	Elektrotonus			$+ 1^0$	$- 6^0$
19	„ 44′				Ruhe		6^0		
20		1 Grove	„	0	Reizung mit Wechselströmen			$+ 5^0$	$- 1^0$

Man wird von vornherein nicht erwarten, dass der Zuwachs im elektrotonischen Zustande eine fest bestimmbare Grösse erreichen muss, damit die nachherige Reizung statt der gewöhnlichen negativen eine positive Schwankung des Nervenstroms erzeuge. Ich werde im weiteren Verlauf dieses Aufsatzes mehre Beispiele zu verzeichnen haben, in denen die Reizung durch Wechselströme eine positive Schwankung erzeugte, obgleich der Zuwachs im elektrotonischen Zustande viel geringer war als in den Fällen, die in den bisher mitgetheilten Tabellen eingetragen sind.

In den Beispielen der positiven Schwankung, die uns bisher beschäftigten, waren vor der Entstehung derselben immer beide Phasen des Elektrotonus in der abgeleiteten Nervenstrecke erzeugt worden,

Dies ist aber nicht nöthig, auch wenn nur die eine Phase des Elektrotonus erzeugt ward, kann eine gute positive Schwankung zur Beobachtung kommen, wie dies aus nachstehender Tabelle ersichtlich ist.

Tabelle VI.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11 h 32′				Ruhe	23°	14°		
2	„ 35′	1 Daniell		1000 M.	Elektrotonus			+ 44°	+ 30°
3	„ 37′				Ruhe		14°		
4		1 Grove	—8½C.M.	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 20°	+ 6°
5	„ 38′				Ruhe		14°		
6		1 Daniell		„	Elektrotonus			+ 34°	+ 20°
7	„ 40′				Ruhe		13°		
8		1 Grove	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 17°	+ 4°
9	„ 41′				Ruhe		12°		
10		1 Daniell		„	Elektrotonus			+ 30°	+ 18°
11	„ 47′				Ruhe		10°		
12		1 Grove	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 23°	+ 13°!
13	„ 49′				Ruhe		6°		
14		1 Daniell		2000 M.	Elektrotonus			+ 10°	+ 4°
15	„ 50′				Ruhe		6°		
16		„		1000 M.	Elektrotonus			+ 9°	+ 3°
17	„ 52′				Ruhe		6°		
18		„		5000 M.	Elektrotonus			+ 6½°	+ ½°
19	„ 54′				Ruhe		6°		
20		1 Grove	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 8°	+ 2°

Nur auf einen bedeutenden Zuwachs im elektrotonischen Zustande folgte eine bedeutende positive Schwankung bei der Reizung durch Wechselströme, die grösste bei der starken Reizung (Nr. 12), dagegen ward die positive Schwankung trotz der starken Reizung sehr viel

kleiner (Nr. 20), als die polarisirenden Ströme nur einen schwachen Elektrotonus hervorgerufen hatten (NN. 14, 16, 18).

Was nun die sechste Tabelle als eine Folge der in der abgeleiteten Nervenstrecke ausschliesslich hervorgebrachten positiven Phase ausweist, das lehrt die siebente Tabelle als eine Wirkung der vorausgegangenen negativen Phase des Elektrotonus kennen. Die Angaben beziehen sich auf den zweiten Nerven desselben Exemplars von *Rana temporaria*.

Tabelle VII.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	12 h				Ruhe	22⁰	12⁰		
2	„ 1′	1 Daniell		1000 M.	Elektrotonus			— 30⁰	— 42⁰
3	„ 4′				Ruhe		8⁰		
4		1 Grove	—8½ C.M.	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 16⁰	+ 8⁰
5	„ 6′				Ruhe		6⁰		
6		1 Daniell		„	Elektrotonus			— 16⁰	— 22⁰
7	„ 9′				Ruhe		4⁰		
8		1 Grove	„	„	Reizung mit Wechselströmen			0⁰	— 4⁰
9	„ 10′				Ruhe		2⁰		
10		„	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 14⁰	+ 12⁰!

Diese Tabelle liefert das erste Beispiel, in welchem nach einem nicht unbedeutenden negativen Zuwachs im elektrotonischen Zustande (— 22⁰ in Nr. 6) die Reizung mit schwachen Wechselströmen zu einer negativen, die Reizung mit starken Wechselströmen dagegen zu einer bedeutenden positiven Schwankung führte (vgl. NN. 8 und 10).

Tabelle VIII.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	12 h				Ruhe	16°	10°		
2		1 Daniell		1000 M.	Elektrotonus			+ 22°	+ 12°
3	„ 1′				Ruhe		9°		
4		„		„	Elektrotonus			— 2°	— 11°
5	„ 4′				Ruhe		9°		
6		1 Grove	—8½ C.M.	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 14°	+ 5°
7	„ 5′				Ruhe		10°		
8		1 Daniell		„	Elektrotonus			— 1°	— 11°
9	„ 7′				Ruhe		9°		
10		1 Grove	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 13½°	+4½°
11	„ 9′				Ruhe		8°		
12		1 Daniell		„	Elektrotonus			+ 19°	+ 11°
13	„ 10′				Ruhe		8°		
14		1 Grove	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 12°	+ 4°
15	„ 13′				Ruhe		8°		
16		1 Daniell		2000 M.	Elektrotonus			+ 17°	+ 9°
17	„ 15′				Ruhe		8°		
18		1 Grove	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 12°	+ 4°
19	„ 16′				Ruhe		7°		
20		„	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 20°	+13°!
21	„ 18′				Ruhe		5°		
22		1 Daniell		2000 M.	Elektrotonus			+ 12°	+ 7°
23	„ 20′				Ruhe		5°		
24		1 Grove	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 19°	+14°!
25	„ 23′				Ruhe		4°		
26		„	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 18°	+14°!

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
27	12 h. 24′				Ruhe		3°		
28		1 Grove	—8½C.M.	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 17°	+ 14°!
29	„ 25′				Ruhe		4°		
30		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 16°	+ 12°
31	„ 27′				Ruhe		4°		
32		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 14°	+ 10°
33	„ 29′				Ruhe		4°		
34		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 13°	+ 9°
35	„ 31′				Ruhe		3°		
36		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 11°	+ 8°

So oft mit Wechselströmen gereizt wurde, in der ganzen Versuchsreihe, entstand positive Schwankung. Bevor sie zum ersten Mal eintrat, waren in der abgeleiteten Nervenstrecke beide Phasen hervorgerufen worden, nachher vor jeder Reizung mit Wechselströmen nur eine von beiden, und zwar von Nr. 12 an immer nur die positive Phase. Die stärksten negativen Schwankungen wurden wiederum hervorgebracht, als 1 Grove'sches Element den Inductionsapparat in Gang setzte, ohne dass in den Kreis der inducirten Ströme eine Nebenschliessung aufgenommen war. In Nr. 18 befanden sich 2000 Widerstandseinheiten in der Nebenschliessung, und die positive Schwankung betrug nur 4°; in Nr. 20 war die Nebenschliessung entfernt, und dann ergab sich eine positive Schwankung von 13°.

Das bemerkenswertheste Ergebniss dieser Versuchsreihe besteht

aber darin, dass siebenmal hinter einander während der Reizungen eine positive Schwankung erzielt werden konnte, ohne dass zwischen die einzelnen Reizungen die Anwendung eines constanten Stromes eingeschoben wurde. Mit der Stärke des Stromes im ruhenden Nerven nahm auch die Grösse der positiven Schwankung ab, aber selbst als die constante Ablenkung, welche der ruhende Nerv hervorbrachte, nur noch 3° betrug, bewirkte die starke Reizung mit Wechselströmen noch eine positive Schwankung von 8° (vgl. NN. 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36).

Tabelle IX. giebt eine Bestätigung der Tabellen VI bis VIII.

Tabelle IX.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11 h 50′				Ruhe	28°	14°		
2		1 Daniell		1000 M.	Elektrotonus			+ 46°	+ 32°
3	„ 54′				Ruhe		15°		
4		1 Grove	—8½C.M.	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 22°	+ 7°
5	„ 55′				Ruhe		14°		
6		1 Daniell		„	Elektrotonus			+ 42°	+ 28°
7	„ 56′				Ruhe		14°		
8		1 Grove	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 18°	+ 4°
9	„ 57′				Ruhe		14°		
10		1 Daniell		„	Elektrotonus			+ 34°	+ 20°
11	„ 59′				Ruhe		10°		
12		1 Grove	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 32°	+ 22°!
13	12 h 1′				Ruhe		8°		
14		1 Daniell		1000 M.	Elektrotonus			— 6°	— 14°
15	„ 3′				Ruhe		10°		
16		1 Grove	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 22°	+ 12°

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
17	12 h 6′				Ruhe		6°		
18		1 Daniell		2000 M.	Elektrotonus			— 7°	— 13°
19	„ 8′				Ruhe		6°		
20		1 Grove	—8½ C·M.	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 20°	+ 14°!
21	„ 10′				Ruhe		6°		
22		1 Daniell		2000 M.	Elektrotonus			— 2°	— 8°
23	„ 12′				Ruhe		6°		
24		1 Grove	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 12°	+ 6°
25	„ 13′				Ruhe		4°		
26		1 Daniell		2000 M.	Elektrotonus			+ 4°	0
27	„ 14′				Ruhe		4°		
28		„		„	Elektrotonus			+ 4°	0
29	„ 15′				Ruhe		5°		
30		1 Grove	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 5°	0
31	„ 17′				Ruhe		5°		
32		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 5°	0
33	„ 20′				Ruhe		2°		
34		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 5°	+ 3°
35	„ 21′				Ruhe		2°		
36		1 Daniell		2000 M.	Elektrotonus			+ 4°	+ 2°
37	„ 23′				Ruhe		3°		
38		1 Grove	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 3°	0

Abgesehen von der in dieser Tabelle verzeichneten Bestätigung des Satzes, dass nur Eine Phase des Elektrotonus vorausgegangen zu sein braucht, um durch Wechselströme positive Schwankung zu erzeugen, und zwar eine grössere, wenn mit starken Wechselströmen

gereizt wird (Nr. 12: positive Schwankung von 22 ^{0}), — lehrt diese Beobachtungsreihe, dass man keine positive Schwankung erzielt, wenn der Zuwachs im elektrotonischen Zustande = 0 war. In Nr. 26 wurde der constante Strom so eingeleitet, dass in dem auf den Bäuschen liegenden Nervenstück positive, in Nr. 28 so, dass negative Phase des Elektrotonus hätte entstehen müssen, aber in beiden Fällen entstand gar kein elektrotonischer Zuwachs. Als nun bei derselben Stärke mit Wechselströmen gereizt wurde, die vorher zu einer positiven Schwankung von 22 bis 6^0 geführt hatte (Nr. 12, 16, 20, 24), entstand gar keine Schwankung der Nadel (Nr. 30, 32). In Nr. 34 wurde wieder eine kleine positive Schwankung (von 3^0) beobachtet, und in Nr. 36 ward nun wieder positive Phase des Elektrotonus mit einem Zuwachs von 2^0 in dem abgeleiteten Nervenstück erzielt. Dennoch wurde später, in Nr. 38, durch die Wechselströme keine Schwankung hervorgerufen.

Im Zusammenhang mit diesen Beobachtungen ist es von besonderer Wichtigkeit, dass gelegentlich eine gute negative Schwankung beobachtet wird, obwohl die Einleitung der positiven Phase des Elektrotonus in dem auf den Bäuschen liegenden Nervenstück ohne Erfolg versucht wurde. Ich theile ein Beispiel dieser Art in der folgenden Tabelle mit. Es wurde keine Nebenschliessung angewandt. Das Versuchsobjekt war, wie bisher, der *N. ischiadicus* von *Rana temporaria*.

Tabelle X.

Nummer der Beobachtung.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1			Ruhe	14^0	6^0		
2	1 Grove		Elektrotonus			+ 6^0	0
3	„	— 8½ C. M.	Reizung mit Wechselströmen			— 4^0	— 10^0

Tabelle XI.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	12 h 3′				Ruhe	22°	12°		
2		1 Daniell		1000 M.	Elektrotonus			— 8°	— 20°
3	„ 4′				Ruhe		11°		
4		1 Grove	—8½ C.M.	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 17°	+ 6°
5	„ 6′				Ruhe		9°		
6		1 Daniell		1000 M.	Elektrotonus			+ 16°	+ 7°
7	„ 7′				Ruhe		9°		
8		1 Grove	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 18°	+ 9°
9	„ 8′				Ruhe		8°		
10		1 Daniell		1000 M.	Elektrotonus			— 2°	— 10°
11	„ 10′				Ruhe		8°		
12		1 Grove	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 16°	+ 8°
13	„ 11′				Ruhe		7°		
14		1 Daniell		1000 M.	Elektrotonus			+ 14°	+ 7°
15	„ 13′				Ruhe		6°		
16		1 Grove	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 16°	+ 10°
17	„ 15′				Ruhe		6°		
18		1 Daniell		1000 M.	Elektrotonus			— 2°	— 8°
19	„ 17′				Ruhe		6°		
20		1 Grove	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 16°	+ 10°
21	„ 18′				Ruhe		6°		
22		1 Daniell		1000 M.	Elektrotonus			+ 11°	+ 5°
23	„ 19′				Ruhe		5°		
24		1 Grove	„	0	Reizung mit Wechselströmen			— 3°	— 8°
25	„ 21′				Ruhe		4°		
26		1 Daniell		1000 M.	Elektrotonus			— 2°	— 6°
27	„ 22′				Ruhe		4°		

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
28		1 Grove	—8½C.M.	0	Reizung mit Wechselströmen			— 3°	— 7°
29	12 h 23′				Ruhe		4°		
30		1 Daniell		1000 M.	Elektrotonus			+ 9°	+ 5°
31	„ 25′				Ruhe		2°		
32		1 Grove	„	0	Reizung mit Wechselströmen			— 3°	— 5°
33	„ 27′				Ruhe		1°		
34		1 Daniell		1000 M.	Elektrotonus			— 1°	— 2°
35	„ 29′				Ruhe		1°		
36		1 Grove	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 1°	0

Die ersten fünf Anwendungen der Reizung durch Wechselströme hatten sämmtlich positive Schwankung zur Folge, obwohl jedem Reizversuch nur Eine Phase des Elektrotonus voranging und zwar abwechselnd negative und positive.

Vergleicht man die vier ersten positiven Schwankungen, welche durch die Reizung hervorgebracht wurden, mit einander, dann findet man, dass auf die negative Phase des Elektrotonus, selbst wenn der Zuwachs in ihr grösser war als in der positiven, die schwächere positive Schwankung bei der Reizung durch Wechselströme folgte. Um die Vergleichung zu erleichtern, gebe ich folgende Uebersicht.

Ausschlag der Nadel in der negativen Phase: 20°, positive Schwankung 6°,
„ „ „ „ „ positiven „ 7°, „ „ 9°,
„ „ „ „ „ negativen „ 10°, „ „ 8°,
„ „ „ „ „ positiven „ 7°, „ „ 10°.

Eine ähnliche Erfahrung ist in Tabelle IX, Nr. 10 bis 16 mitgetheilt, nur dass dort der positive Zuwachs im elektrotonischen Zustande grösser war, als der negative.

Ausschlag der Nadel in der positiven Phase: 20°, positive Schwankung 22°,
„ „ „ „ „ negativen „ 14°, „ „ 12°.

Hiernach scheint die vorausgegangene positive Phase eine mächtigere Bedingung für das Auftreten der positiven Schwankung in dem durch Wechselströme gereizten Nerven abzugeben, als die vorausgegangene negative Phase.

Nachdem ich gefunden hatte, dass die Reizung durch inducirte Ströme nicht bloss, wenn beide Phasen des Elektrotonus vorausgegangen sind, eine positive Schwankung erzeugen kann, sondern auch, wenn nur eine von beiden vorausging, habe ich eine Reihe von Versuchen angestellt, um zu ermitteln, ob man etwa auch von vornherein durch die Inductionsreizung in Nerven, deren Strom die regelrechte Ablenkung der Multiplicatornadel bedingt, eine positive Schwankung hervorrufen kann. In den nächstfolgenden Tabellen sind eine Reihe von Erfahrungen niedergelegt, welche auf die angeregte Frage Antwort geben.

Tabelle XII.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11 h 20′				Ruhe	16^0	7^0		
2	„ 25′	1 Grove	−8½C.M.	1000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 10^0	+ 3^0
3	„ 27′				Ruhe		6^0		
4	„ 27′	„	„	2000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 10^0	+ 4^0
5	„ 30′				Ruhe		4^0		
6		„	„	3000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 8^0	+ 4^0
7	„ 32′				Ruhe		4^0		
8		„	„	5000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 9^0	+ 5^0
9	„ 35′				Ruhe		2^0		
10		„	„	8000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 8^0	+ 6^0

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
11	11 h. 37′				Ruhe		2°		
12		1 Grove	$-8\frac{1}{2}$C.M.	10000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 3°	+ 1°
13	„ 39′				Ruhe		2°		
14		„	„	5000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 3°	+ 1°
15	„ 41′				Ruhe		1°		
16		„	„	3000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 2°	+ 1°

Tabelle XIII.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11 h 37′				Ruhe	18°	11°		
2	„ 40′	1 Grove	$-8\frac{1}{2}$C.M.	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 51°	+ 40°
3	„ 43′				Ruhe		5°		
4		1 Daniell		1000 M.	Elektrotonus			+ 35°	+ 30°
5	„ 44′				Ruhe		4°		
6		1 Grove	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 12°	+ 8°
7	„ 46′				Ruhe		5°		
8		1 Daniell		„	Elektrotonus			+ 36°	+ 31°

Tabelle XIV.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	12 h 25′				Ruhe	26°	11°		
2	„ 28′	1 Grove	—8½C.M.	1000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 11°	0
3	„ 30′				Ruhe		11°		
4		„	„	5000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 16°	+ 5°
5	„ 31′				Ruhe		9°		
6		„	„	10000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 16°	+ 7°
7	„ 33′				Ruhe		8°		
8		„	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 30°	+ 22°!

Tabelle XV.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	12 h 38′				Ruhe	16°	10°		
2		1 Grove	—8½C.M.	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 13°	+ 3°
3	„ 40′				Ruhe		12°		
4		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 10°	— 2°

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
5	12 h 43′				Ruhe		8^{0}		
6		1 Grove	$-8^{1}/_{2}$C.M.	0	Reizung mit Wechselströmen			$+ 5^{0}$	$- 3^{0}$
7	„ 45′				Ruhe		8^{0}		
8		„	„	5000 M.	Reizung mit Wechselströmen			$+ 6^{0}$	$- 2^{0}$
9	„ 47′				Ruhe		8^{0}		
10		„	„	2000 M.	Reizung mit Wechselströmen			$+ 7^{1}/_{2}{}^{0}$	$- {}^{1}/_{2}{}^{0}$
11	„ 50′				Ruhe		6^{0}		
12		„	„	1000 M.	Reizung mit Wechselströmen			$+ 6^{0}$	0
13	„ 52′				Ruhe		4^{0}		
14		1 Daniell		„	Elektrotonus [1])			$+ 4^{0}$	0
15	„ 53′				Ruhe		4^{0}		
16		„		5000 M.	Elektrotonus [1])			$+ 4^{0}$	0

[1]) Der constante Strom hatte dieselbe Richtung wie der Nervenstrom in der abgeleiteten Strecke, es hätte also positiver Zuwachs im elektrotonischen Zustande eintreten müssen, falls eine wahrnehmbare Polarisirung des Nerven erfolgt wäre.

Tabelle XVI.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11 h. 15′				Ruhe	23^{0}	14^{0}		
2		1 Grove	$-8^{1}/_{2}$C.M.	0	Reizung mit Wechselströmen			$+ 9^{0}$	$- 5^{0}$

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
3	11 h 19′				Ruhe		14^0		
4		1 Grove	—8½C.M.	1000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 10^0	— 4^0
5	„ 21′				Ruhe		13^0		
6		„	„	500 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 9^0	— 4^0
7	„ 22′				Ruhe		12^0		
8		„	„	100 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 9^0	— 3^0
9	„ 25′				Ruhe		12^0		
10		1 Daniell		1000 M.	Elektrotonus [1])			+ 12^0	0
11	„ 28′				Ruhe		12^0		
12		„		„	Elektrotonus [1])			+ 12^0	0
13	„ 30′				Ruhe		10^0		
14		1 Grove	„	5000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 5^0	— 5^0
15	„ 32′				Ruhe		8^0		
16		„	„	1000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 7^0	— 1^0

[1]) Der polarisirende Strom war so gerichtet, dass, falls ein ordentlicher Elektrotonus eingetreten wäre, ein positiver Zuwachs im elektrotonischen Zustande hätte entstehen müssen.

Tabelle XVII.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11 h 52′				Ruhe	29°	15°		
2	„ 55′	1 Grove	—8½C.M.	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 21°	+ 6°
3	„ 57′				Ruhe		8°		
4		2 „	0	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 2°	— 6°
5	„ 59′				Ruhe		8°		
6		1 „	—8½C.M.	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 3°	— 5°
7	12 h				Ruhe		7°		
8		1 „	„	1000 M.	Reizung mit Wechselströmen			+ 2°	— 5°
9	„ 2′				Ruhe		7°		
10		1 Daniell		„	Elektrotonus			+ 15°	+ 8°
11	„ 4′				Ruhe		7°		
12		1 Grove	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 6°	— 1°
13	„ 6′				Ruhe		6°		
14		1 Daniell		5000 M.	Elektrotonus			+ 8°	+ 2°
15	„ 7′				Ruhe		6°		
16		1 Grove	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 5°	— 1°

Aus den Tabellen XII, XIII, XIV, XV und XVII geht hervor, dass der Multiplicator in der abgeleiteten Strecke eines durch Wechselströme gereizten Nerven eine positive Schwankung anzeigen kann, ohne dass vorher ein constanter Strom auf den Nerven eingewirkt hatte.

Es ist kaum nothwendig, darauf hinzuweisen, dass es sich hierbei um einen besondern Zustand des Nerven handeln muss, da die von

Du Bois-Reymond entdeckte negative Schwankung, die von so vielen Physiologen bestätigt wurde, auch von mir unzählige Male gesehen und vorgewiesen worden ist. Dagegen ist es nicht überflüssig, an jene wichtige Thatsache zu erinnern, weil sie uns als Leitfaden dienen muss bei dem Versuch, die dennoch unter gewissen Umständen bei der Reizung durch Wechselströme auftretende positive Schwankung gebührend zu würdigen.

Um dies su thun, wollen wir zunächst die in den vorangehenden Tabellen registrirten Beobachtungen etwas genauer zergliedern.

Tabelle XIII lehrt uns, dass in den Fällen, in welchen die Reizung mit Wechselströmen eine ansehnliche positive Schwankung hervorruft, auch ein bedeutender Zuwachs im elektrotonischen Zustande durch polarisirende Ströme hervorgerufen werden kann. Bei einer Reizung durch starke Wechselströme ergab sich eine positive Schwankung von 40^0, und bald darauf betrug der durch eine schwache polarisirende Kette erzeugte Zuwachs in der positiven Phase 30^0. Schwächere Wechselströme bewirkten dann eine positive Schwankung von 8^0, und ein polarisirender Strom von gleicher Stärke, wie der zuvor angewandte, erzeugte einen Elektrotonus mit positivem Zuwachs von 31^0 in der abgeleiteten Nervenstrecke.

Vergleicht man hiermit die Tabellen XV bis XVII, so findet man darin, dass in allen den Fällen, in welchen die Inductionsreizung statt der positiven die gewöhnliche negative Schwankung bewirkte, durch die schwachen polarisirenden Ströme entweder gar kein dem elektrotonischen Zustande entsprechender Zuwachs (Tabelle XV, Nr. 12, 14, 16, Tabelle XVI, Nr. 10 und 12), oder nur ein geringer Zuwachs (siehe Tabelle XVII, Nr. 10 und 14) beobachtet werden konnte.

Offenbar ist von vornherein eine zweifache Verkettung jener nach einander beobachteten Thatsachen, einer positiven Schwankung und der Möglichkeit einen starken Zuwachs im elektrotonischen Zustande hervorzurufen, denkbar. Entweder die Erzeugung eines elektrotonischen Zustandes mit bedeutendem (positivem oder negativem) Zuwachs des elektromotorischen Vermögens des Nerven ist die ursächliche Bedingung der positiven Schwankung, und dann müsste man annehmen, dass der Elektrotonus sich so rasch entwickeln kann, dass sogar die

flüchtigen Wechselströme ihn in einem hinlänglichem Grade hervorzurufen vermögen, um selbst die positive Schwankung als eine Folge ihrer Einwirkung vorzubereiten. Oder der Zuwachs im elektrotonischen Zustande, wie er durch einen polarisirenden Strom hervorgebracht wird, ist nichts als ein Anzeichen, dass sich der Nerv in dem eigenthümlichen Zustande befindet, welcher erfordert wird, damit man durch Wechselströme eine positive Schwankung erzielen könne. Beide Annahmen würden erklären, warum keine positive Schwankung durch die Inductionsreizung entsteht, wenn der Multiplicator bei Anwendung einer starken Kette nur einen geringen oder gar keinen Zuwachs im elektrotonischen Zustande hervorruft.

Ich entscheide mich für die erste der beiden aufgestellten Möglichkeiten, und zwar aus folgenden Gründen:

erstens, weil man in der überwiegend grossen Mehrzahl der Fälle, wenn der Nerv nicht zuvor eine messbare Zeit im Elektrotonus verharrte, durch die Reizung mit Wechselströmen eine negative Schwankung des ursprünglichen Nervenstroms hervorbringt;

zweitens, weil Fälle vorkommen, in welchen eine Reizung von derselben Stärke, die nach dem Einleiten eines kräftigen Elektrotonus positive Schwankung erzeugte, vorher eine kräftige negative Schwankung hervorrief (vgl. Tab. V, S. 8, 9);

drittens, weil, wenn man wiederholt vergebens versucht hat, nach Einleitung eines schwächeren Elektrotonus positive Schwankung zu erzeugen, dies sogleich gelingt, wenn man mit demselben Nerven weiter experimentirend, die richtige Stärke des polarisirenden Stroms getroffen und einen stärkeren Zuwachs im elektrotonischen Zustande erzielt hat (vgl. unten Tabelle XVIII);

viertens, weil schwache Wechselströme nur dann eine ansehnliche positive Schwankung hervorbringen, wenn zuvor während einer messbaren (obwohl immerhin kurzen) Zeit Elektrotonus bestanden hatte.

Hiernach wäre die bedeutende positive Schwankung, welche bisweilen starke Wechselströme ohne vorausgegangene Einwirkung eines constanten Stroms erzeugen, dadurch zu erklären, dass die flüchtigen Wechselströme nur dann es vermögen einen (wegen des schnellen Wechsels der Phasen am Multiplicator nicht wahrnehmbaren) hinläng-

lich starken Elektrotonus hervorzurufen, wenn die Wechselströme eine gewisse Stärke besitzen. Jedenfalls liegt nichts Unwahrscheinliches darin, dass dieselbe Veränderung, welche ein schwacher constanter Strom in längerer Zeit hervorruft, von einem starken inducirten Strom in einem sehr kleinen Zeitmoment herbeigeführt werde.

Dass es aber ohne vorausgegangene Anwendung einer constanten Kette nur durch starke Wechselströme gelingt, eine bedeutende positive Schwankung einzuleiten, kann um so weniger befremden, da auch diejenigen Nerven, in deren abgeleiteter Strecke zuvor eine oder beide Phasen des Elektrotonus mittelst einer constanten Kette hervorgerufen wurden, nur dann, wenn starke Wechselströme (ohne Nebenschliessung) auf sie einwirken, eine ansehnliche positive Schwankung geben (vgl. Tabelle IX). Ja, es giebt sogar Fälle, in welchen nach Hervorbringung eines guten Elektrotonus die Reizung mit schwächeren Wechselströmen eine negative, die mit starken Wechselströmen dagegen eine starke positive Schwankung erzeugt (vgl. Tabelle VII). Danach ist es nicht auffallend, dass, wenn die elektrotonische Veränderung nur ganz flüchtig durch Wechselströme eingeleitet ward, um so unerlässlicher die Einwirkung starker Inductionsreizung erfordert wird, um eine erhebliche positive Schwankung zu erzielen (vgl. Tab. XIII und XIV).

Wiederholt habe ich die Erfahrung gemacht, dass Nerven, welche nach oder ohne vorherige Anwendung eines constanten polarisirenden Stroms bei der Reizung durch Wechselströme im Anfang ein oder mehrere Male eine positive Schwankung gezeigt hatten, nach einiger Zeit bei gleicher oder ähnlicher Reizung eine negative Schwankung ihres ursprünglichen Stromes beobachten liessen (vgl. die Tabellen II, III, V, XI, XV, XVII, XVIII). In Tabelle II ist eine Beobachtungsreihe verzeichnet, in welcher nach jedesmaliger Einleitung eines guten Zuwachses in beiden Phasen des elektrotonischen Zustandes die gleiche Reizung mit Wechselströmen erst zu einer positiven Schwankung, dann zu gar keiner, und noch später zu einer negativen Schwankung des Nervenstroms führte. Hält man hiermit zusammen, dass auch der kräftige Elektrotonus, welcher als ursächliche Bedingung einer ansehnlichen positiven Schwankung betrachtet werden muss, vorzugsweise frischen Nerven eignet, so muss man annehmen, dass die

Fähigkeit des Nerven, die Existenz des bewegungvermittelnden Vorganges durch eine positive Schwankung seines ursprünglichen Stromes zu verrathen, an ein kräftigeres, d. h. an ein vom Tode weiter entferntes Lebensstadium gebunden ist, als dasjenige ist, in welchem man durch die Reizung mit Wechselströmen nur negative Schwankung erzielen kann.

Dass die Reizung durch Wechselströme von der Stärke, wie sie in den meisten Versuchen zur Anwendung kamen (1 Grove und Du Bois-Reymond's Schlittenapparat ohne Nebenschliessung), nicht bloss positive Schwankung des Nervenstroms, sondern auch kräftigen Tetanus in den Muskeln hervorruft, bedarf keiner Erinnerung. Wo eine Nebenschliessung angewandt wurde, habe ich mich überzeugt, dass die Reizung stark genug war, um den Gastrocnemius des Froschpräparats in Tetanus zu versetzen.

Für die Beurtheilung der Grösse der Nadelablenkungen, welche die Ströme der ruhenden Nerven am Multiplicator hervorriefen, ist es nicht unwesentlich zu bemerken, dass alle die im Obigen mitgetheilten Versuche in den Monaten Januar und Februar des Jahres und zwar, wie oben erwähnt, bei *Rana temporaria* angestellt worden sind.

So weit war meine Untersuchung, bei der ich von den Herren Hufschmid, Gascard und Nauwerck getreulich unterstützt ward, abgeschlossen, als mir Herr Hufschmid aus der chirurgischen Klinik des Züricher Kantonsspitals einen Unterarm brachte, den mein College. Herr Professor Billroth, wenige Minuten zuvor einer Frau amputirt hatte, deren linke Hand nebst einem Theil des Arms Tags vorher durch eine Maschine abgequetscht worden war. Das physiologische Laboratorium der Züricher Hochschule stösst an das Kantonsspital und der Corridor des einen Gebäudes führt unmittelbar in den des andern, so dass der abgenommene Arm nicht durch's Freie getragen zu werden brauchte, um in mein Arbeitszimmer zu gelangen.

Wir benutzten den *Nervus ulnaris* für die uns hier beschäftigenden Studien und brachten das peripherische Ende des Nerven auf die

Bäusche der Zuleitungsvorrichtung. Unsere Beobachtungen an diesem Nerven sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle XVIII.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
1	11 h 20′				Ruhe	H [1])	45°		
2	35 Minuten nach der Amputation	1 Daniell	—8½ C.M.	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 41°	— 4°
3					Ruhe		38°		
4		1 Grove	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 36°	— 2°
5					Ruhe		38°		
6		„		1000 M.	Elektrotonus			+ 41°	+ 3°
7					Ruhe		38°		
8		„	„	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 38°	0
9					Ruhe		38°		
10		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 38°	0
11					Ruhe		41°		
12		„		„	Elektrotonus			+ 54°	+ 13°
13					Ruhe		41°		
14		„		„	Elektrotonus			+ 21°	— 20°
15					Ruhe		41°		
16		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 51°	+ 10°!
17					Ruhe		41°		
18		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 49°	+ 8°!
19					Ruhe		41°		
20		„		„	Elektrotonus			+ 51°	+ 10°

[1]) H bedeutet, dass die Nadel an die Hemmung geworfen wurde.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
21					Ruhe		41°		
22		1 Grove	—8½C.M.	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 28°	— 13°
23					Ruhe		41°		
24		"		"	Elektrotonus			+ 49°	+ 8°
25					Ruhe		41°		
26		"	"	"	Reizung mit Wechselströmen			+ 29°	— 12°
27					Ruhe		41°		
28		"		"	Elektrotonus			+ 51°	+ 10°
29					Ruhe		41°		
30		"	"	"	Reizung mit Wechselströmen			+ 30°	— 11°
31					Ruhe		40°		
32		"		"	Elektrotonus			+ 27°	— 13°
33					Ruhe		40°		
34		"	"	"	Reizung mit Wechselströmen			+ 32°	— 8°
35					Ruhe		40°		
36		"		"	Elektrotonus			+ 48°	+ 8°
37					Ruhe		40°		
38		"		"	Elektrotonus			+ 27°	— 13°
39					Ruhe		40°		
40		"	"	"	Reizung mit Wechselströmen			+ 32°	— 8°
41					Ruhe		39°		
42		"		"	Elektrotonus			+ 48°	+ 9°
43					Ruhe		39°		
44		"		"	Elektrotonus			+ 24°	— 15°
45					Ruhe		39°		
46		"	"	"	Reizung mit Wechselströmen			+ 26°	— 13°
47					Ruhe	60°	32°		
48		"		"	Elektrotonus			+ 42°	+ 10°
49					Ruhe		32°		
50		"		"	Elektrotonus			+ 19°	— 13°

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
51		—	—		Ruhe		32°		
52		1 Grove	—8½ C.M.	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 5°	— 27°
53					Ruhe		32°		
54		„		„	Elektrotonus			+ 22°	— 10°
55					Ruhe		32°		
56		„		„	Elektrotonus			+ 40°	+ 8°
57					Ruhe		31°		
58		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 21°	— 10°
59					Ruhe		31°		
60		„		5000 M.	Elektrotonus			+ 37°	+ 6°
61					Ruhe		31°		
62		„		„	Elektrotonus			+ 25°	— 6°
63					Ruhe		31°		
64		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 22°	— 9°
65					Ruhe		30°		
66		1 stärkerer Grove		0	Elektrotonus[1])			+ 37°	+ 7°
67					Ruhe		30°		
68		„	„	„	Elektrotonus			+ 16°	— 14°
69					Ruhe		30°		
70									
71		1 Grove	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 44°	+ 14°!
72					Ruhe		29°		
73		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 42°	+ 13°!
74					Ruhe		28°		
75		„	„	„	Reizung mit Wechselströmen			+ 41°	+ 13°!
76					Ruhe		28°		

[1]) Der Nerv wurde mit Eiweiss befeuchtet.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
77		1 Grove	—8½ C.M.	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 41°	+ 13°!
78					Ruhe		28°		
79		"		"	Elektrotonus			+ 34°	+ 6°
80					Ruhe		28°		
81		"		"	Elektrotonus			+ 18°	— 10°
82					Ruhe		28°		
83		"	"	"	Reizung mit Wechselströmen			+ 15°	— 13°
84					Ruhe		27°		
85		"		"	Elektrotonus			+ 31°	+ 4°
86					Ruhe		27°		
87		"		"	Elektrotonus			+ 17°	— 10°
88					Ruhe		27°		
89		"	"	"	Reizung mit Wechselströmen			+ 37°	+ 10°!
90					Ruhe		27°		
91		"	"	"	Reizung mit Wechselströmen			+ 34°	+ 7°!
92					Ruhe		26°		
93		"		"	Elektrotonus			+ 30°	+ 4°
94					Ruhe		26°		
95		"		"	Elektrotonus			+ 18°	6°
96					Ruhe		26°		
97		"	"	"	Reizung mit Wechselströmen			+ 34°	+ 8°!
98					Ruhe		26°		

Um drei Uhr, nachdem der Nerv eine Stunde lang in einer feuchten Kammer gelegen hatte, wurde er noch einmal auf die Bäusche gelegt.

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
99					Ruhe	52°	31°		
100		1 Grove		0	Elektrotonus			+ 33°	+ 2°
101					Ruhe		31°		
102		"		"	Elektrotonus			+ 29°	— 2°
103					Ruhe		31°		

Nummer der Beobachtung.	Zeit.	Galvanische Vorrichtung.	Rollenabstand.	Nebenschliessung.	Zustand des Nerven.	Erster Ausschlag.	Constante Ablenkung.	Durch die elektrische Einwirkung hervorgebrachte Nadelstellung.	Schwankung.
104		1 Grove	—8½C.M.	0	Reizung mit Wechselströmen			+ 31°	0
105					Ruhe		31°		
106		"	"	"	Reizung mit Wechselströmen			+ 31°	0

Diese Tabelle beweist, dass auch in menschlichen Nerven der bewegungvermittelnde Vorgang von einer positiven Schwankung des Nervenstroms begleitet sein kann. Vor der Einwirkung constanter Ströme führte die Reizung mit Wechselströmen zu einer negativen Schwankung (Nr. 2 und 4). Nachdem ein schwacher Elektrotonus erzeugt worden war, brachte eine gleich starke Reizung mit Wechselströmen, wie sie in Nr. 4 angewandt worden, gar keine Schwankung hervor (Nr. 8 und 10). Nachdem aber in Nr. 12 ein positiver Zuwachs im elektrotonischen Zustande von 13°, in Nr. 14 ein negativer Zuwachs von 21° erzielt worden, erzeugte dieselbe Reizung mit Wechselströmen, bei welcher erst negative und dann gar keine Schwankung entstand, zweimal nach einander eine gute positive Schwankung (Nr. 16 und 18). Dann wurde wieder in neuen Versuchen, denen bald nur eine, bald beide Phasen des Elektrotonus in der abgeleiteten Nervenstrecke vorangingen, durch die Reizung mit Wechselströmen eine negative Schwankung hervorgebracht. Als aber darauf (Nr. 66) der Nerv mit Eiweiss befeuchtet und beide Phasen des Elektrotonus in der abgeleiteten Strecke hervorgerufen worden, konnte durch die Reizung mit Wechselströmen unter Anwendung eines etwas stärkeren Grove'schen Elementes viermal hinter einander eine positive Schwankung erzeugt werden (Nr. 71, 73, 75, 77). Nun wurden beide Phasen des Elektrotonus wieder hervorgebracht, worauf einmal die Inductionsreizung

von einer negativen Schwankung begleitet war. Wiederholte Einleitung beider Phasen des Elektrotonus liess aber von Neuem und zwar wiederholt bei der Einwirkung der Wechselströme positive Schwankung erscheinen (Nr. 89, 91, 97). Im Ganzen wurde die positive Schwankung an dem *Nervus ulnaris* des Menschen neunmal beobachtet. Nach 4¼ Stunden gab der Strom des ruhenden Nerven noch eine constante Ablenkung von 31°, es konnte aber in beiden Phasen des Elektrotonus nur ein kleiner Zuwachs und durch Wechselströme keine positive, aber auch keine negative Schwankung mehr erzielt werden.

Aus dem vorstehenden Beobachtungsmaterial ergeben sich folgende Sätze:

1. Sowohl in den Nerven des Menschen, wie in denen des Frosches kann der bewegungvermittelnde Vorgang von einer positiven Schwankung des Nervenstroms begleitet sein.

2. Die positive Schwankung des Nervenstroms wird nur dann durch die Inductionsreizung hervorgebracht, wenn constante Ströme, die den Nerven in Elektrotonus versetzen, einen nicht zu schwachen Zuwachs des Nervenstroms im elektrotonischen Zustande hervorrufen.

3. Je stärker der Zuwachs war, den man in einer der beiden Phasen des Elektrotonus durch die Anwendung constanter Ströme erzielte, desto sicherer darf man erwarten, dass die Inductionsreizung eine positive Schwankung des Nervenstroms hervorrufen wird.

4. Der elektrotonische Zustand, den constante Ströme im Nerven hervorrufen, ist die ursächliche Bedingung für das Entstehen der positiven Schwankung, wenn der Nerv durch Wechselströme gereizt wird.

5. Es braucht der Inductionsreizung nur Eine, entweder die positive oder die negative Phase des Elektrotonus in der abgeleiteten Nervenstrecke voranzugehen, damit eine positive Schwankung des Nervenstromes zu Stande komme. Die positive Phase des Elektrotonus scheint aber wirksamer zu sein als die negative.

6. Nerven, in welchen der Multiplicator keinen Zuwachs im elektrotonischen Zustande anzeigt, führen, wenn sie durch Wechsel-

ströme gereizt werden, niemals zu einer positiven, wohl aber bisweilen zu einer gar nicht unbeträchtlichen negativen Schwankung des Nervenstroms.

7. Starke Wechselströme können in frischen Nerven die positive Schwankung hervorrufen. Demnach kann ein sehr vergänglicher Elektrotonus die ursächliche Bedingung der durch Inductionsreizung zu erzeugenden positiven Schwankung abgeben.

8. Das Einleiten der positiven Schwankung ist ein Merkmal, dass der Nerv der Stufe des unversehrten Lebens noch verhältnissmässig nahe steht. Nerven, die im Absterben einen gewissen Fortschritt gemacht haben, liefern keine positive Schwankung mehr zu einer Zeit, in welcher noch eine gute negative Schwankung von ihnen gewonnen werden kann.

Mühlberg bei Mühlheim (Thurgau) 5. April 1861.
